



EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

② Anmelde­nummer: 94119574.5

⑤ Int. Cl.⁸: **G01N 21/76**

② Anmeldetag: 10.12.94

③ Priorität: 16.12.93 DE 4342942

71 Anmelder: **BOEHRINGER MANNHEIM GMBH**

④³ Veröffentlichungstag der Anmeldung:
21.06.95 Patentblatt 95/25

D-68298 Mannheim (DE)

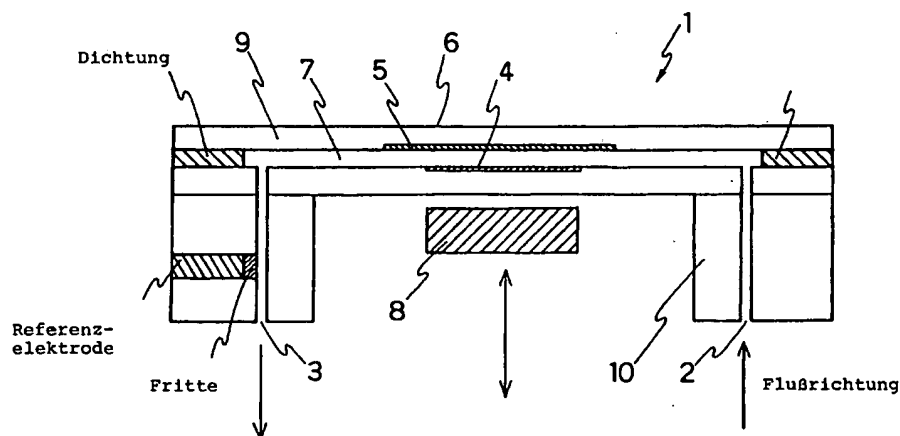
94 Benannte Vertragsstaaten:
AT BE CH DE DK ES FR GB GR IE IT LI LU NL
PT SE

(72) Erfinder: **Kotzan, Holger, Dr.**
Realschulstrasse 25
D-68526 Ladenburg (DE)
 Erfinder: **Lungu, Mihail-Onoriu, Dr.**
Am Dohlberg 1A
D-63654 Büdingen (DE)

54 **Vorrichtung und Verfahren zur Erzeugung optisch detektierbarer Signale durch Anlegen elektrischer Potentiale an Probenflüssigkeiten.**

⑤7 Die Erfindung betrifft eine Meßzelle und ein Verfahren zur Durchführung von Elektrochemilumineszenzmessungen (ECL). Die Meßzelle besitzt einen Probenraum in dem sich eine Arbeits- und eine Gegenelektrode befindet, wobei die Gegenelektrode so angeordnet ist, daß sie sich im Lichtweg zwischen Arbeitselektrode und optischem Detektor befindet.

Figur 3



Die vorliegende Erfindung liegt im Gebiet der Elektrochemilumineszenz (ECL) und bezieht sich im speziellen auf eine Vorrichtung und ein Verfahren, um Elektrochemilumineszenzmessungen durchzuführen.

Verbesserte Meßzellen mit ihrer erfindungsgemäßen Elektrodenanordnung werden beschrieben.

Im Stand der Technik sind Vorrichtungen und Verfahren zur Durchführung von Elektrochemilumineszenzmessungen bekannt. In der Patentanmeldung WO 89/10551 wird eine solche Vorrichtung detailliert beschrieben. Die Apparatur umfaßt eine Meßzelle, die einen Zu- und Abfluß besitzt und in deren Inneren mehrere Elektroden angeordnet sind. Die für ECL-Messungen notwendigen zwei Elektroden unterschiedlicher Polarität befinden sich nebeneinander in einer Ebene. Gegenüberliegend dieser Ebene befindet sich innerhalb der Meßzelle ein optisches Fenster, durch das optische Strahlung detektiert werden kann. Die genannte Patentanmeldung befaßt sich in erster Linie mit der elektrochemischen Vorbereitung der Elektroden vor einer Messung, um für aufeinanderfolgende Messungen identische Ausgangsbedingungen zu schaffen. Auf die Patentanmeldung WO 89/10551 wird hiermit vollinhaltlich Bezug genommen.

Aufgabe der Erfindung war es, bestehende Meßzellen für Elektrochemilumineszenzmessungen bezüglich Empfindlichkeit, Reproduzierbarkeit und Langzeitstabilität zu verbessern.

Erfindungsgemäß wurde gefunden, daß diese Aufgaben gelöst werden können, wenn eine Zelle gewählt wird, bei der die Elektrodenanordnung so beschaffen ist, daß sich Arbeitselektrode und Gegenelektrode nicht in einer Ebene befinden, so daß zwischen den Elektroden ein Teilvolumen der Meßzelle eingeschlossen wird.

Die Erfindung betrifft eine Vorrichtung zur Erzeugung optisch detektierbarer Signale durch Anlegen elektrischer Potentiale an Probenflüssigkeiten, beinhaltend eine Meßzelle zur Aufnahme von Probenflüssigkeiten, die mindestens zwei Öffnungen für das Zu- und Abführen von Flüssigkeiten besitzt, eine Spannungsquelle, deren Spannung regelbar ist, mindestens eine Arbeitselektrode, die sich innerhalb der Meßzelle befindet und mit einem ersten Pol der Spannungsquelle verbunden ist, mindestens eine Gegenelektrode, die sich innerhalb der Meßzelle befindet und mit einem zweiten Pol der Spannungsquelle verbunden ist, ein optisches Fenster, das sich in einer Wandung der Meßzelle befindet, wobei die Vorrichtung dadurch gekennzeichnet ist, daß sich die mindestens eine Gegenelektrode innerhalb der Zelle zwischen optischem Fenster und der mindestens einen Arbeitselektrode befindet.

Eine erfindungsgemäße Vorrichtung zur Erzeugung optisch detektierbarer Signale besitzt eine Meßkammer mit bevorzugt zwei Öffnungen für den Zu- und Abfluß von Flüssigkeiten.

Die Meßzelle kann aus einem einzelnen Stück oder verschiedenen miteinander verbundenen Teilen gefertigt sein. Als Materialien für die Meßzelle kommen im Stand der Technik bekannte Stoffe, wie Kunststoffe, Glas und Metalle, in Frage. Wird eine aus mehreren Teilen zusammengesetzte Zelle verwendet, so können diese z. B. verklebt, verschraubt, vernietet oder verschweißt werden.

Der Innenraum der Meßzelle ist bevorzugt so geformt, daß er beim Durchleiten von Flüssigkeit durch die Öffnungen möglichst vollständig durchspült wird. Bevorzugte Ausführungsformen von Innenräumen weisen demnach keine Nischen oder dergleichen auf. Die Innenräume besitzen bevorzugt eine längliche Gestalt, die in einer Richtung senkrecht zur Strömungsrichtung abgeflacht ist.

Im Innenraum der Meßzelle befinden sich mindestens jeweils eine Arbeits- und Gegenelektrode. Die Elektroden sind bevorzugt an Innenwandungen der Meßzelle befestigt. Sie können beispielsweise aufgeklebt, eingeschmolzen oder aufgepreßt sein.

Die mindestens eine Arbeitselektrode besitzt eine flächige Gestalt und eine elektrische Verbindung mit einer steuerbaren Spannungsquelle. Geeignete Materialien für die Arbeitselektrode sind Edelmetalle, wie Gold, Silber, Platin, Palladium, Ruthenium, Osmium, Wolfram oder Mischungen dieser Metalle. Besonders bevorzugte Elektrodenmaterialien sind Gold und Platin.

Die mindestens eine Gegenelektrode kann aus einem einzelnen Stück oder mehreren Teilstücken bestehen, die elektrisch leitend miteinander verbunden sind. Bevorzugt besteht die Gegenelektrode aus zwei oder mehr Streifen, die der Arbeitselektrode gegenüberliegend angeordnet sind. Geeignete Materialien für die Gegenelektrode entsprechen denen der Arbeitselektrode. Erfindungsgemäß werden Arbeits- und Gegenelektroden nicht innerhalb einer Ebene angeordnet, sondern gegenüberliegend, so daß sich ein Teil des Zellinnenraumes zwischen ihnen befindet. Bevorzugt befinden sich die mindestens eine Arbeitselektrode und die mindestens eine Gegenelektrode in zueinander parallelen Ebenen, zwischen denen sich ein Teil des Zellinnenraumes befindet.

Sowohl für Arbeitselektrode als auch für Gegenelektrode hat es sich als vorteilhaft erwiesen, wenn die Oberflächen Strahlungen, im besonderen die der beim ECL-Prozeß hervorgerufenen, reflektieren. Die Flächen der Elektroden befinden sich im Bereich von mm^2 bis cm^2 . Die Arbeitselektrode ist in der Regel quadratisch oder rechteckig mit Kantenlängen, deren Verhältnis 1 bis etwa 3 beträgt. Gegenelektroden weisen in der Regel eine kleinere Fläche auf und besitzen bevorzugt eine längliche Gestalt mit Kantenlängen-

gen, deren Verhältnis 3 bis etwa 30 beträgt. Sowohl Arbeits- als auch Gegenelektrode stellen bevorzugt dünne Plättchen mit Dicken von wenigen zehntel Millimetern bis zu wenigen Millimetern dar.

Für die Gegenelektrode sind z. B. auch netzförmige Anordnungen oder Plättchen mit Materialaussparungen möglich.

5 Die Arbeitselektrode ist mit dem ersten Pol einer regelbaren Spannungsquelle verbunden und die Gegenelektrode mit einem zweiten Pol derselben Spannungsquelle. Die Spannungsquelle kann so ausgelegt sein, daß die von ihr gelieferte Spannung manuell eingestellt wird. Bevorzugt ist jedoch eine Steuerung der Spannungsquelle durch einen Mikroprozessor oder eine andere Steuerungsvorrichtung. Die Spannungsquelle soll Spannungen in Höhe von wenigen Volt liefern können. Sowohl die Höhe als auch der zeitliche
10 Verlauf der Spannung sind erfindungsgemäß regelbar. In vielen Verfahrenszyklen ist die Arbeitselektrode die Anode und die Gegenelektrode die Kathode, es ist jedoch auch ein Polaritätswechsel der Elektroden möglich.

Die von der Spannungsquelle zu liefernde Spannung richtet sich hauptsächlich, wenn auch nicht ausschließlich, nach den verwendeten Redoxsystemen, besonders nach dem Oxidationspotential des ECL-
15 Labels. Es hat sich gezeigt, daß mit der erfindungsgemäßen Elektrodenanordnung geringere Spannungen notwendig sind, um Elektrochemilumineszenz hervorzurufen, als dies mit bisher bekannten Meßzellen mit gleichen Probeflüssigkeiten und Redoxsystemen der Fall ist. Aus dieser gegenüber dem Stand der Technik geringeren Arbeitsspannung resultieren einige der eingangs genannten Vorteile. Es hat sich herausgestellt, daß mit einer erfindungsgemäßen Meßzelle das Lumineszenzsignal schneller nach dem Anlegen der
20 Arbeitsspannung auftritt, als dies bei bisher bekannten Meßzellen der Fall ist. Das Meßsignal einer erfindungsgemäßen Meßzelle ist außerdem genauer auswertbar, da es ein zeitlich schärfer ausgeprägtes Maximum aufweist.

In mindestens einer Wandung der Meßzelle befindet sich ein Fenster, durch das elektromagnetische Strahlung aus mindestens einem der Bereiche infrarot, sichtbar, ultraviolett, hindurchtreten kann. Bevorzugt
25 wird die gesamte Zelle aus einem Material gefertigt, daß für mindestens eine der genannten Strahlungen durchlässig ist. Als besonders geeignetes Material für das optische Fenster bzw. die gesamte Zelle hat sich Polymethylmethacrylat erwiesen.

Es hat sich erfindungsgemäß ebenfalls als vorteilhaft herausgestellt, daß sich die mindestens eine Gegenelektrode an der Innenseite des optischen Fensters befindet.

30 Das optische Fenster ist so angeordnet, daß auf der Arbeitselektrode entstehende Strahlung zumindest zum Teil durch das Fenster aus der Meßzelle heraustreten kann. Aus dem optischen Fenster austretende Strahlung kann durch einen Detektor detektiert werden. Geeignete Detektoren sind beispielsweise Photomultiplier oder Halbleiterdetektoren. Bei einer erfindungsgemäßen Vorrichtung befindet sich zumindest ein Teil der mindestens einen Gegenelektrode im Strahlengang von Strahlung, die in der Nähe der Arbeitselektrode entsteht und durch das optische Fenster aus der Meßzelle austritt. Da sich die Gegenelektrode
35 mindestens zum Teil im Strahlengang der durch ECL-Label ausgesandten Strahlung befindet, war zunächst angenommen worden, daß eine Abschirmung und damit eine Signalverringerung stattfindet. Durch Vergleich mit Meßzellen, bei denen sich die Gegenelektrode nicht im Strahlengang befindet, hat sich herausgestellt, daß die erfindungsgemäße Elektrodenanordnung überraschend zu stärkeren Signalen führt.

40 In einer bevorzugten Ausführungsform kann von außerhalb der Meßzelle an die Wandung, an der sich im Inneren der Meßzelle die Arbeitselektrode befindet, ein Magnet herangebracht werden. Als Magnet können sowohl elektrische als auch Permanentmagneten verwendet werden. Permanentmagneten sind bevorzugt, da sie beim Betrieb keine Wärmeentwicklung verursachen. In einer automatisierten Apparatur kann der Magnet durch einen Spindelantrieb oder einen Hebelarm auf die Arbeitselektrode zu- oder von
45 dieser weg bewegt werden.

Vorteilhaft ist es, wenn der Innenraum der Meßzelle elektrochemisch mit einer Referenzzelle verbunden ist. Die elektrochemische Ankoppelung kann beispielsweise über einen mit Flüssigkeit gefüllten Kapillarspalt oder eine Fritte erfolgen. Wesentlich ist es für eine elektrochemische Ankoppelung, daß ein Austausch von geladenen Teilchen zwischen Zellinnenraum und Referenzelektrode erfolgen kann, dieser Austausch jedoch
50 mengenmäßig so gering gehalten wird, daß eine Verunreinigung der Flüssigkeit im Zellinnenraum weitestgehend unterbleibt. Als Referenzelektrode sind beispielsweise im Stand der Technik bekannte Elektroden, wie zum Beispiel eine Ag/AgCl-Elektrode oder eine Kalomelelektrode geeignet.

Eine erfindungsgemäße Vorrichtung wurde konzipiert, um Elektrochemilumineszenzphänomene zu messen. Bei der ECL werden auf der Oberfläche einer Elektrode chemische Spezies erzeugt, die
55 elektromagnetische Strahlung im Bereich des IR, des sichtbaren Lichts oder der UV-Strahlung, aussenden. Allgemein werden die elektrochemischen Reaktionen, die ablaufen, in der bereits genannten Patentanmeldung WO 89/10551 beschrieben. Figur 1 zeigt mögliche Elektrodenreaktionen anhand eines Beispiels. Tripropylamin (TPA) wird an der Elektrode oxidiert und spaltet nachfolgend ein Proton ab. In einem zweiten

Zyklus wird $\text{Ru}(\text{bpy})_3^{2+}$ zu $\text{Ru}(\text{bpy})_3^{3+}$ oxidiert. Das TPA-Radikal und der oxidierte Rutheniumkomplex reagieren zu einem angeregten Rutheniumkomplex, der unter Emission einer Strahlung von 620 nm in $\text{Ru}(\text{bpy})_3^{2+}$ übergeht. Dieses, wie auch andere im Stand der Technik bekannte Elektrochemilumineszenzsysteme können benutzt werden, um chemische bzw. immunologische Analysen durchzuführen.

Figur 2 zeigt schematisch drei verschiedene Analyseverfahren, die mit der ECL-Technologie durchgeführt werden können. Das Format Figur 2A beruht darauf, daß die ECL-Signale von ECL-Labeln, die an einen Antikörper gebunden sind, verschieden sind von jenen, die sich frei in Lösung befinden. Figur 2B zeigt ein Format, bei dem ein mit einem Antigen versehenes Mikropartikel mit dem Analyten um einen mit einem ECL-Label versehenen Antikörper konkurriert. Findet keine Abtrennung statt, so beruht die ECL-Messung wiederum darauf, daß das ECL-Label, je nachdem ob es an einen Mikropartikel gebunden ist oder an ein Analytmolekül, unterschiedliche Signalintensitäten aufweist. Der Grund für dieses Verhalten ist nicht in allen Details aufgeklärt, jedoch spielen sicherlich die unterschiedlichen Diffusionseigenschaften dieser Spezies in der Elektrodenreaktion eine Rolle. Wird das in Figur 2B gezeigte Format mit einem Separationsschritt durchgeführt, so kann beispielsweise eine Abtrennung der an das Mikropartikel gebundenen Spezies über magnetische Kräfte erfolgen, wenn das Mikropartikel ferromagnetische Eigenschaften aufweist.

Figur 2C zeigt eine dritte Variante, bei der die Signalausbeute direkt proportional der Konzentration an Analyt ist.

Die Erfindung umfaßt weiterhin ein Verfahren zur Erzeugung von optisch detektierbaren Signalen durch Anlegen elektrischer Potentiale an Probeflüssigkeiten, mit den Schritten

- Füllen einer Meßzelle mit Probeflüssigkeit,
- Anlegen eines Spannungsprofils an die mindestens eine Arbeitselektrode und die mindestens eine, der Arbeitselektrode gegenüberliegenden Gegenelektrode, um Elektrochemilumineszenzstrahlung hervorzurufen,
- Detektieren von ausgesandter Strahlung, die durch ein optisches Fenster fällt.

Bei diesem Verfahren wird eine Meßzelle zunächst mit Probeflüssigkeit gefüllt. Dies kann mit einer erfindungsgemäßen Vorrichtung erfolgen, in dem Probeflüssigkeit in eine Öffnung der Meßzelle gepumpt wird.

Unter Probeflüssigkeit ist hierbei eine Mischung aus Flüssigkeiten zu verstehen, die Analytlösung, Reagenzlösung und gegebenenfalls Hilfslösungen beinhaltet.

Analytlösung, Reagenzlösung und gegebenenfalls Hilfslösungen können gemeinsam oder auch nacheinander in die Meßzelle eingeleitet werden.

Unter einer Analytlösung wird eine Lösung, Suspension oder Emulsion von Analyt in einem Lösungsmittel, wie zum Beispiel Wasser, Acetonitril, Dimethylsulfoxyd, Dimethylformamid, N-Methylpyrrolidin, tert.-Butylalkohol oder Mischungen dieser Lösungsmittel, verstanden.

Als Analytflüssigkeiten können beispielsweise Vollblut, Serum, Gewebsflüssigkeit, Speichel, Urin usw. dienen. In diesen Analytflüssigkeiten nachzuweisende Analyten können beispielsweise sein: Zellen, subzelluläre Partikel, Viren, Nukleinsäuren, Proteine, Peptide, Hormone, Pharmaka, organische Moleküle usw..

Eine Reagenzlösung enthält einen ECL-Label, d. h. eine in der Regel metallorganische Verbindung, die aufgrund chemischer und elektrochemischer Reaktionen elektromagnetische Strahlung aussendet. Das Metall der organometallischen Verbindung wird bevorzugt aus der folgenden Gruppe gewählt: Ruthenium, Osmium, Rhenium, Iridium, Rhodium, Platin, Palladium, Molybdän und Wolfram. Das ECL-Label kann an eine ganze Zelle, subzelluläre Partikel, Viren, Fette, Fettsäuren, Nukleinsäuren, Polysaccharide, Proteine, Lipoproteine, Lipopolysaccharide, Glykoproteine, Peptide, zelluläre Metaboliten, Hormone, Pharmaka und deren Abbauprodukte, Alkaloide, Steroide, Vitamine, Aminosäuren, Zucker, organische Moleküle, organometallische Moleküle, anorganische Moleküle, Biotin, Avidin oder Streptavidin gebunden sein.

Weiter oben genannte Hilfslösungen können beispielsweise Spüllösungen umfassen, die geeignet sind, den Innenraum der Meßzelle zu reinigen. Demgemäß können Spüllösungen beispielsweise Detergentien, Stoffe, die die Oberflächenspannung senken, Lösungsmittel für organisches Material und dergleichen enthalten.

Erfindungsgemäß ist es bevorzugt, wenn die Zelle vor der eigentlichen Befüllung mit Probeflüssigkeit mit einer Reinigungslösung oder Vorbereitungslösung gespült wird. Unter einer Reinigungslösung sind wiederum solche Flüssigkeiten zu verstehen, die Verschmutzungen und Reste aus der Zelle entfernen, wie zum Beispiel Detergenzlösungen, Lösungsmittel und dergleichen. Vorbereitungslösungen dienen in erster Linie dazu, die Elektroden in einen definierten Oxidations- und Oberflächenzustand zu versetzen. Vorbereitungslösungen können demgemäß Oxidations-, Reduktionsmittel oder auch oberflächenaktive Substanzen enthalten.

Nach dem Befüllen der Zelle mit Probeflüssigkeit wird an mindestens eine Arbeitselektrode und mindestens eine Gegenelektrode ein Spannungsprofil angelegt.

Unter einem Spannungsprofil ist eine zeitliche Abfolge von Spannungen unterschiedlicher Höhe zu verstehen. Im einfachsten Falle wird beispielsweise eine konstante, niedrige Spannung an die Elektroden angelegt und diese plötzlich erhöht, um die für die ECL-Reaktionen notwendigen Elektrodenreaktionen in Gang zu setzen. Günstige Spannungsprofile werden beispielsweise in der Patentanmeldung WO 90/11511 beschrieben.

Erfindungsgemäß ist es bevorzugt, wenn vor dem Meßschritt eine Reinigung und Vorbereitung der Meßzelle bzw. der Elektroden erfolgt. Die Wirkung der Reinigungs- bzw. Vorbereitungslösungen bei diesen Schritten wird durch die Anlegung geeigneter Spannungsprofile an die Elektroden unterstützt.

Die bisher beschriebene Vorgehensweise ist für ein homogenes Assay, d. h. eine Analyse, geeignet, bei der keine Abtrennung der aus Analyt und ECL-Label gebildeten Komplexe erfolgt. Erfindungsgemäß ist es bevorzugt, wenn vor der Aktivierung der elektrochemischen Lumineszenz eine Abtrennung der aus ECL-Label und Analyt gebildeten Komplexe erfolgt. Dies geschieht bevorzugt, indem das ECL-Label entweder direkt an ein ferromagnetisches Partikel gebunden ist, oder durch Ausbildung eines Sandwich-Komplexes mit dem Analyten und einem Antigen, das seinerseits an ein ferromagnetisches Mikropartikel gebunden ist. Der das ferromagnetische Mikropartikel enthaltende Komplex kann durch einen Magneten auf der Arbeitselektrode niedergeschlagen werden, während überschüssiges ECL-Label gewaschen wird.

Kurz nachdem ein für die Erzeugung eines ECL-Signals geeignetes Spannungsprofil angelegt wurde, findet eine Aussendung von Elektrochemilumineszenzstrahlung statt. Die ausgesandte Strahlung kann durch einen Detektor detektiert werden und aufgrund der Strahlungsintensität auf die Analytkonzentration zurückgeschlossen werden.

Eine erfindungsgemäße Vorrichtung und ein erfindungsgemäßes Verfahren besitzen gegenüber dem Stand der Technik den Vorteil, daß die Erzeugung einer gegebenen Elektrochemilumineszenzreaktion mit einer geringeren Spannung erfolgen kann, als dies bei bisherigen Vorrichtungen der Fall ist. Das Redoxpotential für das in Figur 1 dargestellte Redoxsystem liegt bei ca. 1,1 V. Verlässliche Messungen mit der IGEN-Meßzelle konnten bei 2,2 V durchgeführt werden. Mit einer erfindungsgemäßen Meßzelle war es möglich, die Meßspannung auf 1,4 V abzusenken.

Eine Absenkung der Meßspannung bietet den Vorteil, daß weniger störende Nebenreaktionen stattfinden, so daß ein verbessertes Signal/Rauschverhältnis resultiert.

Es hat sich außerdem gezeigt, daß das Meßergebnis mit einer erfindungsgemäßen Meßzelle weniger von der Verteilung der Mikropartikel auf der Arbeitselektrode abhängig ist als bei Meßzellen des Standes der Technik. Diese Eigenschaft erfindungsgemäßer Meßzellen erhöht die Reproduzierbarkeit des analytischen Nachweises.

Ein weiterer Vorteil erfindungsgemäßer Meßzellen ist ihre höhere Dynamik, aufgrund derer empfindlichere und verlässlichere Messungen durchgeführt werden können.

Eine erfindungsgemäße Vorrichtung und ein erfindungsgemäßes Verfahren werden exemplarisch anhand der Zeichnungen dargestellt.

Figur 1: Schematische Darstellung der Elektrodenabläufe

Figur 2: Beispiele für mit der Meßzelle durchführbare immunologische Testformate

Figur 3: Meßzelle in Seitenansicht

Figur 4: Aufsicht auf Meßzelle

Figur 5: Abgewandelte Ausführungsform einer Meßzelle in Seitenansicht und Aufsicht

Figur 6: Zeitliche Spannungsverläufe zum Betrieb erfindungsgemäßer Meßzellen

Figuren 7, 8: Vergleich einer erfindungsgemäßen Meßzelle (K3) mit einer aus dem Stand der Technik bekannten Meßzelle (IGEN).

Figur 3 zeigt eine erfindungsgemäße Vorrichtung in Seitenansicht. Figur 4 zeigt die gleiche Vorrichtung in Aufsicht. Der Körper der Meßzelle (1) besteht aus mehreren Polymethylmethacrylat-Einzelteilen. Der Zellinnenraum (7) besitzt eine längliche, flache Gestalt. In Figur 4 ist zu sehen, daß die Zu- und Abflußöffnungen (2, 3) im stumpfen Winkel eines Dreiecks angeordnet sind. Durch diese Anordnung wird erreicht, daß beim Durchströmen der Zelle mit Flüssigkeit keine Bereiche entstehen, in denen Flüssigkeitsreste verbleiben, die nicht am Volumenstrom teilnehmen. Auf dem Meßzellenboden (10) befindet sich eine Arbeitselektrode (4), die eine flache, rechteckige Gestalt besitzt. Die gezeigte Zelle weist zwei Gegenelektroden (5) auf, die eine flache, stabförmige Gestalt besitzen und in das Oberteil der Meßzelle eingepreßt sind. Die Gegenelektroden (5) sind über eine gemeinsame Zuleitung (11) mit einer Spannungsquelle verbunden. Sowohl die Arbeitselektrode als auch die Gegenelektroden bestehen im dargestellten Beispiel aus Platin. Auf der der Arbeitselektrode gegenüberliegenden Seite der Meßzelle (1) befindet sich ein optisches Fenster (6). Im dargestellten Beispiel besteht der Deckel (9) der Meßzelle aus Polymethylmethacrylat, und ist demnach für sichtbare Strahlung durchlässig. Unterhalb der Arbeitselektrode (4) befindet sich ein Magnet (8), der auf die Arbeitselektrode zu oder von ihr weg bewegt werden kann.

Figur 5 zeigt eine weitere Ausführungsform einer erfindungsgemäßen Meßzelle (1). Diese Meßzelle entspricht in ihrem Aufbau im wesentlichen der in Figur 3 und Figur 4 dargestellten Meßzelle. Ein Unterschied liegt in der Gestaltung der Gegenelektrode (5). Diese ist erfindungsgemäß gegenüber der Arbeitselektrode (4) angeordnet, besitzt jedoch die Form eines Rechteckes mit zwei rechteckigen Ausnehmungen. Die Gegenelektrode (5) weist demnach Segmente auf, die sowohl parallel als auch senkrecht zur Flußrichtung in der Meßzelle sind.

Figur 6A zeigt ein Spannungsprofil, das zur Durchführung einer ECL-Reaktion mit den Species Tripropylamin und $\text{Ru}(\text{bpy})_3^{2+}$ in einer erfindungsgemäßen Meßzelle geeignet ist. Während die Meßzelle mit einer Pufferlösung gefüllt ist, wird für eine Sekunde eine Spannung von + 1,4 Volt und für eine weitere Sekunde eine Spannung von - 0,8 Volt angelegt. Diese Vorbereitungsphase dient dazu, einen definierten Oberflächenzustand der Arbeitselektrode zu erzeugen. Während der folgenden 39 Sekunden wird die Meßzelle mit einer Mischung aus Analyt, Reagenz und Pufferlösung gefüllt. An den Elektroden liegt ein Potential an (z. B. 0 mV), bei dem keine ECL-Reaktion abläuft, das jedoch die Elektrode in einem reproduzierbaren Zuständen hält. Zur Erzeugung des ECL-Signals wird für eine Sekunde ein Potential von + 1,4 Volt angelegt. Nachfolgend wird die Meßzelle durch das Anlegen einer Spannung von + 2,4 Volt über 9,5 Sekunden und - 0,8 Volt über 4 Sekunden gereinigt. Der Reinigungsprozeß beendet den Meßzyklus. Für nachfolgende Messungen kann das beschriebene Spannungsprofil wiederholt nacheinander Anwendung finden.

Figur 6B zeigt ein Spannungsprofil zum Betrieb einer erfindungsgemäßen Meßzelle unter Verwendung einer geringeren Meßspannung. Genaueren Aufschluß über den zeitlichen Spannungsverlauf und die während der einzelnen Phasen in die Meßzelle eingebrachten Flüssigkeiten gibt die folgende Tabelle:

25

30

35

40

45

50

55

	Vorgang	Zeit/s	Spannung/ V	Dauer/s	Flüssigkeits- menge pro Zeit	Flüssigkeitsart
5	Vorbereitung der Meßzelle	0	0		167 µl/s	Pufferlösung
		0	1	1		
		1	1			
10		1	-1.2	1		
		2	-1.2			
	Füllen der Meß- zelle	2	0	1	152	Probenlösung und Reagenzlösung
		11.5	0	1.2	172	
15		12.4	0	30		
		18.4	0	6	33	
		44.6	0		167	Pufferlösung
	Messung	50	0	1	none	
20		50	1.4			
	Reinigung der Meßzelle	53	1.4		333	Reinigungslösung
		53	3	9.5		
		63	3			
25		63	0			
		72.5	0	4		
		72.5	-1.2		167	Pufferlösung
		76.5	-1.2	1		
	Vorbereitung der Meßzelle	76.5	0	1	167	Pufferlösung
30		77.2	0			
		77.2	1	1		
		78.2	1			
35		78.2	-1.2			
		79.2	-1.2			
		79.2	0			
		79.9	0	0.3		

40

Die Figuren 7 und 8 zeigen einen Vergleich, der in Figur 3 und 4 dargestellten erfindungsgemäßen Meßzelle (mit Konzept 3 bezeichnet), mit der in der Patentanmeldung WO 89/10551 beschriebenen Meßzelle von Igen für zwei unterschiedliche Konzentrationsbereiche an Analyt. Das auf der Ordinate dargestellte Lichtsignal in willkürlichen Einheiten ergab sich mit einem Photomultiplier des Meßgeräts

45

Origin 1.0 der Firma IGEN. Die Abzisse der Figuren gibt die in der Probe enthaltene Konzentration an TSH (Thyroid stimulierendes Hormon) an.

In den Figuren ist zu erkennen, daß die Dynamik der Eichkurve bei Verwendung von Konzept 3 Zellen erheblich größer ist, was eine Steigerung der Sensitivität des Tests bewirkt.

Die Messungen wurden durchgeführt, indem 250 µl des folgenden Gemisches

50

50 µl Pufferlösung IP

50 µl Beadsuspension

50 µl biotinylierter Antikörper (R1)

50 µl ruthenylierter Antikörper (R2)

50 µl Analyt

55

über 16 Minuten bei Raumtemperatur inkubiert wurden und dann 150 µl des Inkubationsansatzes in die Meßzelle gepumpt wurden, wo die Beads mit Hilfe eines Magneten auf der Arbeitselektrode abgefangen und gewaschen wurden.

Die Zusammensetzung der verwendeten Lösungen ergibt sich wie folgt:

Pufferlösung IP:

- 50 mM Tris pH 8,0
- 0,1 % CAA
- 5 0,01 % MIT
- 0,2 % Thesit
- 5 % RSA 1
- 1 % R-IgG

10 Biotinylierter Antikörper (R1)

- 3,0 µg/ml MAK (TSH) M1.20-IgG-Biotin
- (Boehringer Mannheim Katalog-Nr. 1352547)
- 500 µg/ml MAK (-) IgG
- 15 (Boehringer Mannheim Katalog-Nr. 1522558)

Ruthenylierter Antikörper (R2)

- 1,2 µg/ml MAK (TSH)MA8-F(ab')₂-BPRu

20

Beadsuspension

600 µg/ml M280-Beads der Firma Dynal International (Oslo, Norwegen) wurden in dem Puffer suspendiert.

25

Bezugszeichenliste

- (1) Meßzelle
- (2) Einlaßöffnung
- 30 (3) Auslaßöffnung
- (4) Arbeitselektrode
- (5) Gegenelektrode
- (6) optisches Fenster
- (7) Meßzelleninnenraum
- 35 (8) Magnet
- (9) Meßzellendeckel
- (10) Meßzellenboden
- (11) Zuleitung

40 **Patentansprüche**

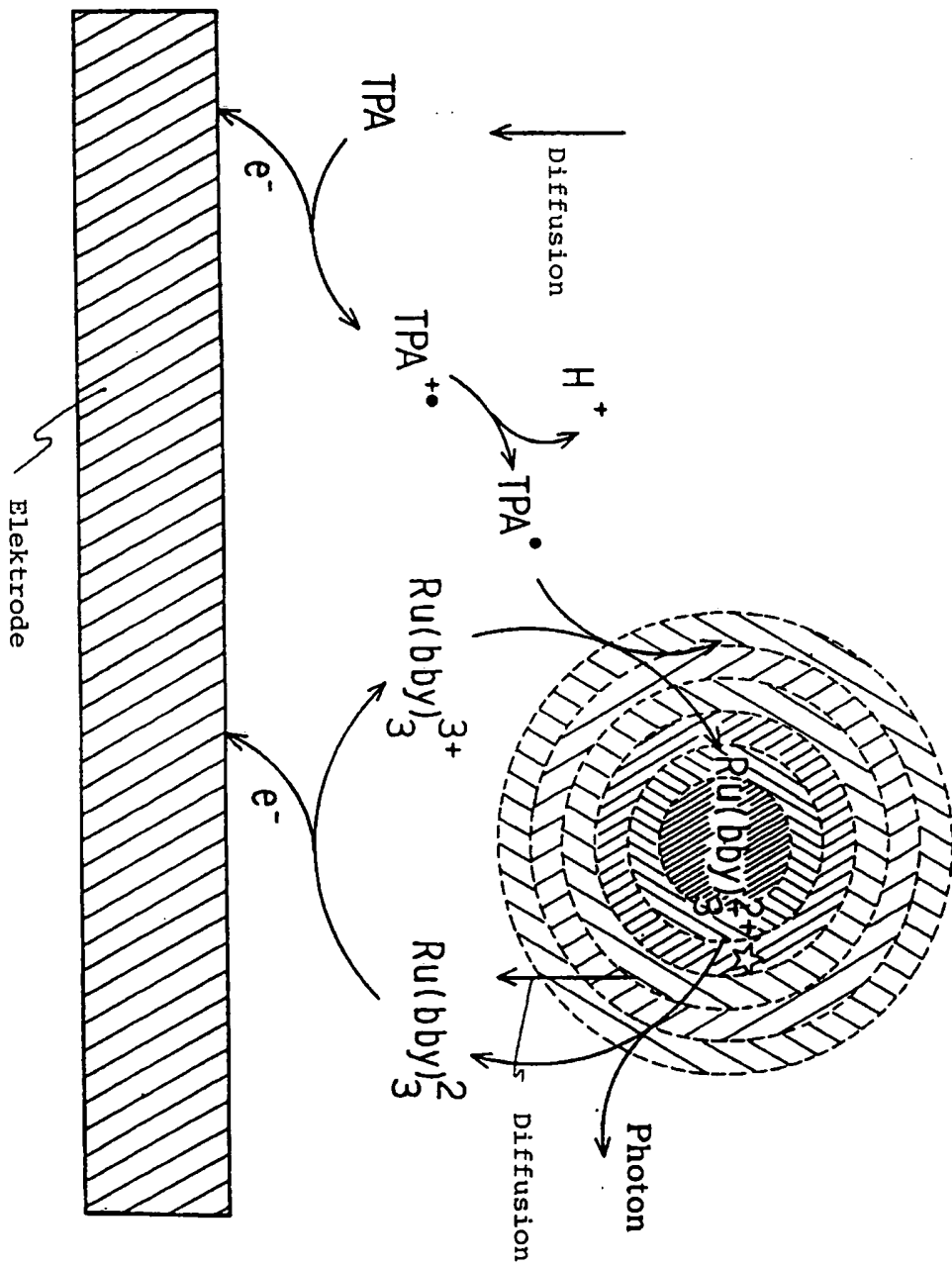
1. Vorrichtung zur Erzeugung optisch detektierbarer Signale durch Anlegen elektrischer Potentiale an Probeflüssigkeiten, beinhaltend
 - a) eine Meßzelle (1) zur Aufnahme von Probeflüssigkeiten, die mindestens zwei Öffnungen (2, 3) für das Zu- und Abführen von Flüssigkeiten besitzt,
 - 45 b) eine Spannungsquelle, deren Spannung regelbar ist,
 - c) mindestens eine Arbeitselektrode (4), die sich innerhalb der Meßzelle befindet und mit einem ersten Pol der Spannungsquelle verbunden ist,
 - d) mindestens eine Gegenelektrode (5), die sich innerhalb der Meßzelle befindet und mit einem
 - 50 zweiten Pol der Spannungsquelle verbunden ist,
 - e) ein optisches Fenster (6), das sich in einer Wandung der Meßzelle befindet, dadurch gekennzeichnet, daß sich die mindestens eine Gegenelektrode (5) innerhalb der Zelle zwischen optischem Fenster (6) und der mindestens einen Arbeitselektrode (4) befindet.
 - 55
2. Vorrichtung gemäß Anspruch 1, bei der die mindestens eine Arbeitselektrode (4) eine Fläche besitzt, die parallel zu dem optischen Fenster (6) angeordnet ist.

3. Vorrichtung gemäß Anspruch 1 oder 2, bei der die mindestens eine Arbeitselektrode (4) im wesentlichen aus Gold oder Platin besteht.
- 5 4. Vorrichtung gemäß Anspruch 1, 2 oder 3, dadurch gekennzeichnet, daß die mindestens eine Arbeitselektrode (4) optische Strahlung zumindest teilweise reflektiert.
5. Vorrichtung gemäß Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß eine Referenzzelle elektrochemisch an den Innenraum der Meßzelle (1) angekoppelt ist.
- 10 6. Vorrichtung gemäß einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß eine flächige Arbeitselektrode (4) an einer Wandung der Meßzelle (1) anliegt und sich ein Magnet an der Außenseite der genannten Wandung befindet.
- 15 7. Vorrichtung gemäß Anspruch 6, die eine Vorrichtung zur Bewegung des genannten Magneten an die genannte Zellwand und von dieser weg beinhaltet.
8. Vorrichtung gemäß Anspruch 1, bei der zwei oder mehrere Gegenelektroden (5) vorhanden sind, die eine flache, stabförmige Gestalt besitzen.
- 20 9. Vorrichtung gemäß Anspruch 1 oder 8, bei der die Strömungsrichtung der Probenflüssigkeit beim Befüllen und Entleeren der Zelle parallel zur Längsachse der mindestens einen Gegenelektrode (5) ist.
10. Vorrichtung gemäß Anspruch 1, die einen Detektor beinhaltet, der aus dem optischen Fenster (6) austretende Strahlung detektiert.
- 25 11. Verfahren zur Erzeugung von optisch detektierbaren Signalen durch Anlegen elektrischer Potentiale an Probenflüssigkeiten in einer Meßzelle (1), in der sich mindestens eine Arbeitselektrode (4) und mindestens eine Gegenelektrode (5) befindet und die Meßzelle ein optisches Fenster (6) besitzt mit den Schritten
 - 30 a) Füllen der Meßzelle (1) mit Flüssigkeit, in der sich Elektrochemilumineszenzlabel befinden,
 - b) Anlegen eines Spannungsprofils an die mindestens eine Arbeitselektrode (4) und die mindestens eine, der Arbeitselektrode (4) gegenüberliegende Gegenelektrode (5), um Elektrochemilumineszenzstrahlung hervorzurufen,
 - 35 c) Detektieren von Strahlung, die durch das optische Fenster (6) fällt.
12. Verfahren nach Anspruch 11, bei dem nach Schritt a) ein Magnet an die Meßzelle (1) herangeführt wird, um magnetische Partikel auf der Arbeitselektrode (4) niederzuschlagen.
13. Verfahren gemäß Anspruch 11, bei dem vor Schritt a) ein Reinigen der Meßzelle (1) und eine
40 Vorbereitung von Arbeitselektrode (4) und Gegenelektrode (5) durch Anlegen eines Spannungsprofils erfolgt.
14. Verfahren gemäß Anspruch 13, bei dem Reinigung und/oder Vorbereitung in Gegenwart von Reinigungs- und/oder Vorbereitungslösung stattfinden.
- 45 15. Verfahren gemäß Anspruch 11 oder 12, bei dem die Meßzelle nach Schritt a) mit einer Waschlösung behandelt wird.

50

55

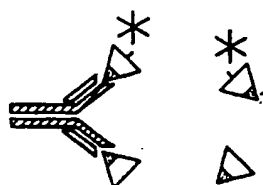
Figur 1



Figur 2

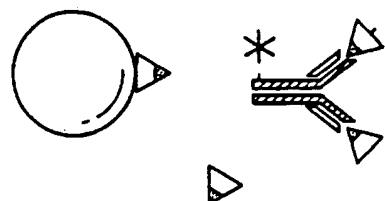
Immunoassay Formate

(a)



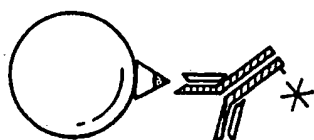
Kompetitiver Assay

(b)



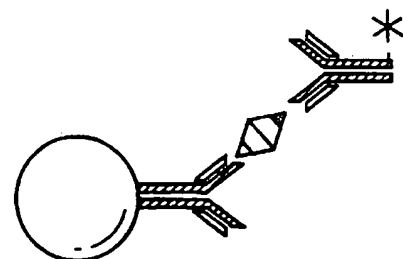
Kompetitiver Festphasen-assay

(c)



Festphasen-Sandwich-Assay

(d)



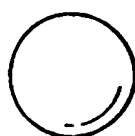
(e)



Antikörper



Analyt

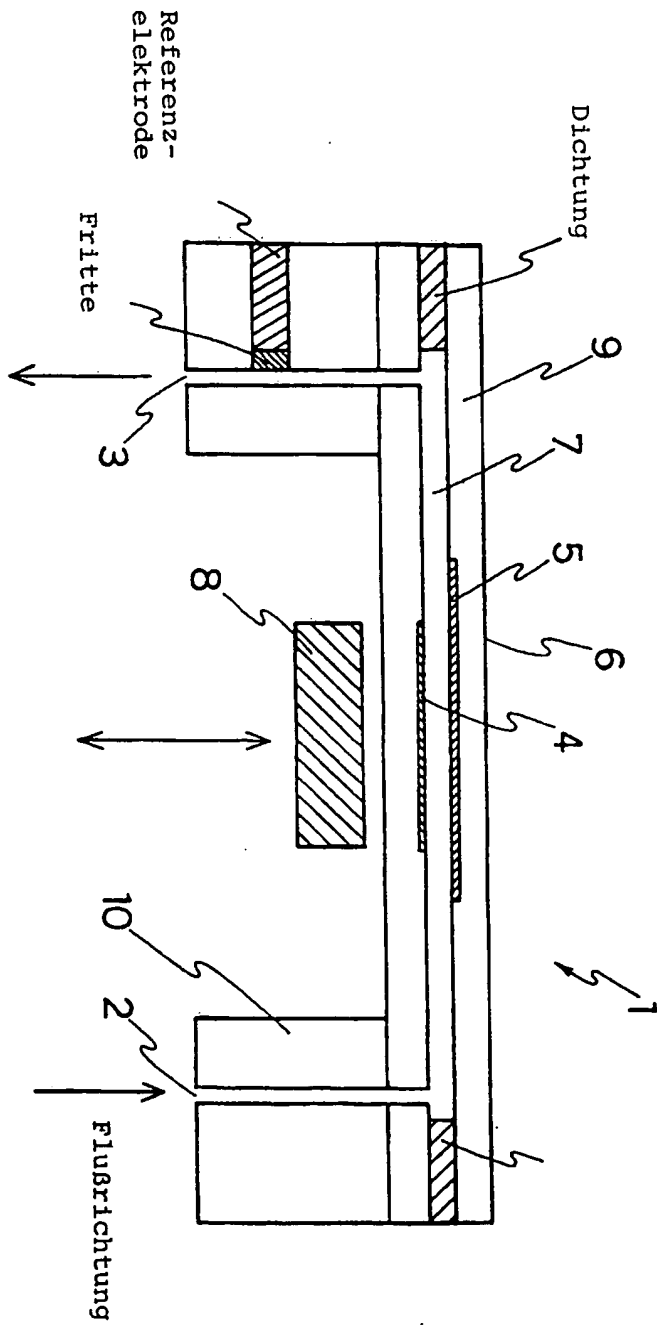


Mikropartikel

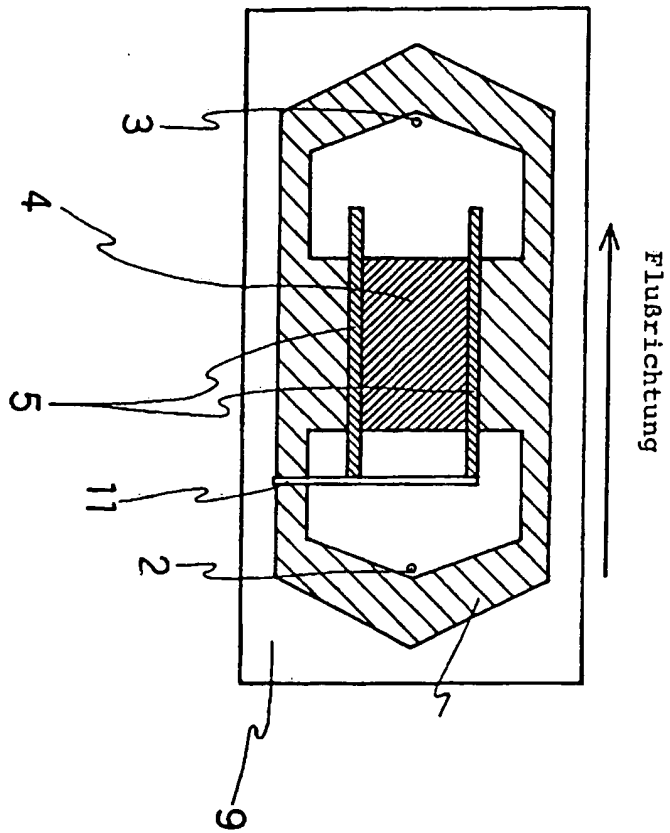


ECL Label

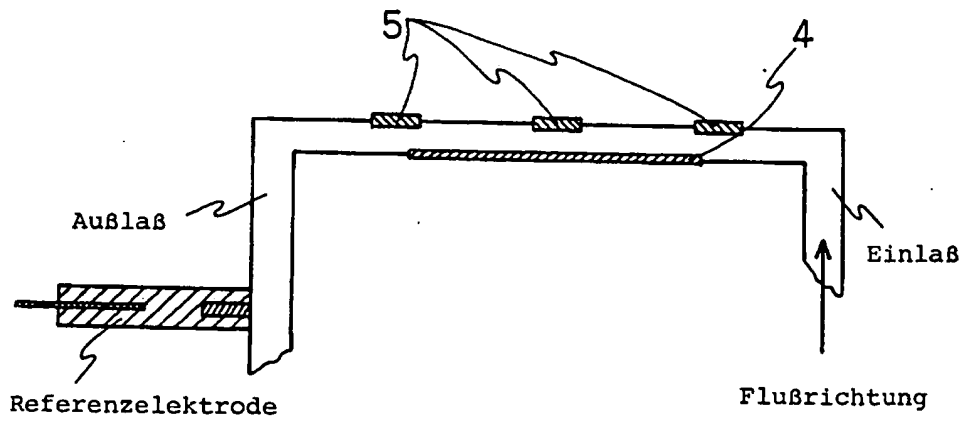
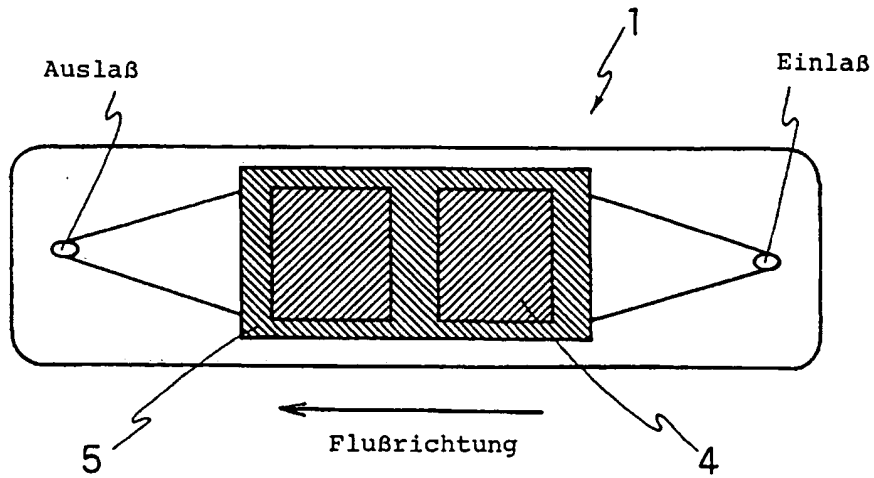
Figur 3



Figur 4



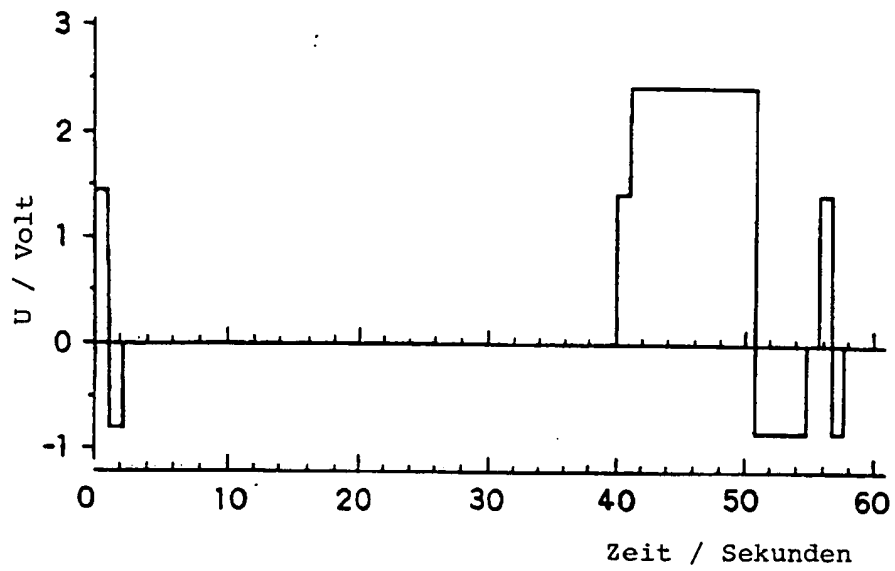
Figur 5



Figur 6

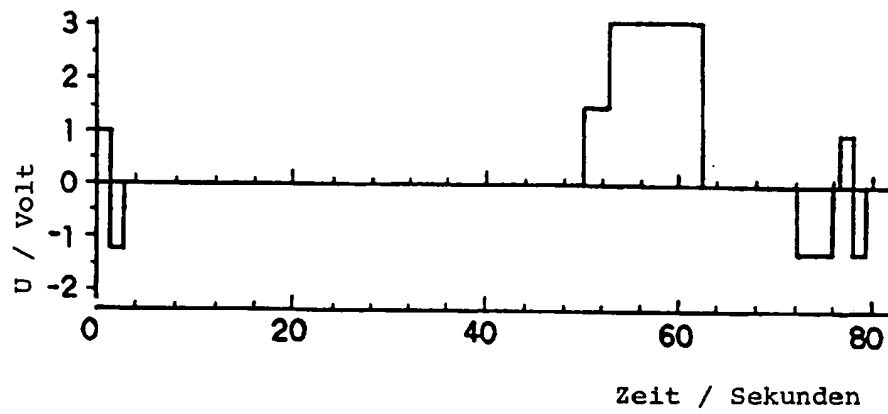
A

Spannungsprofil

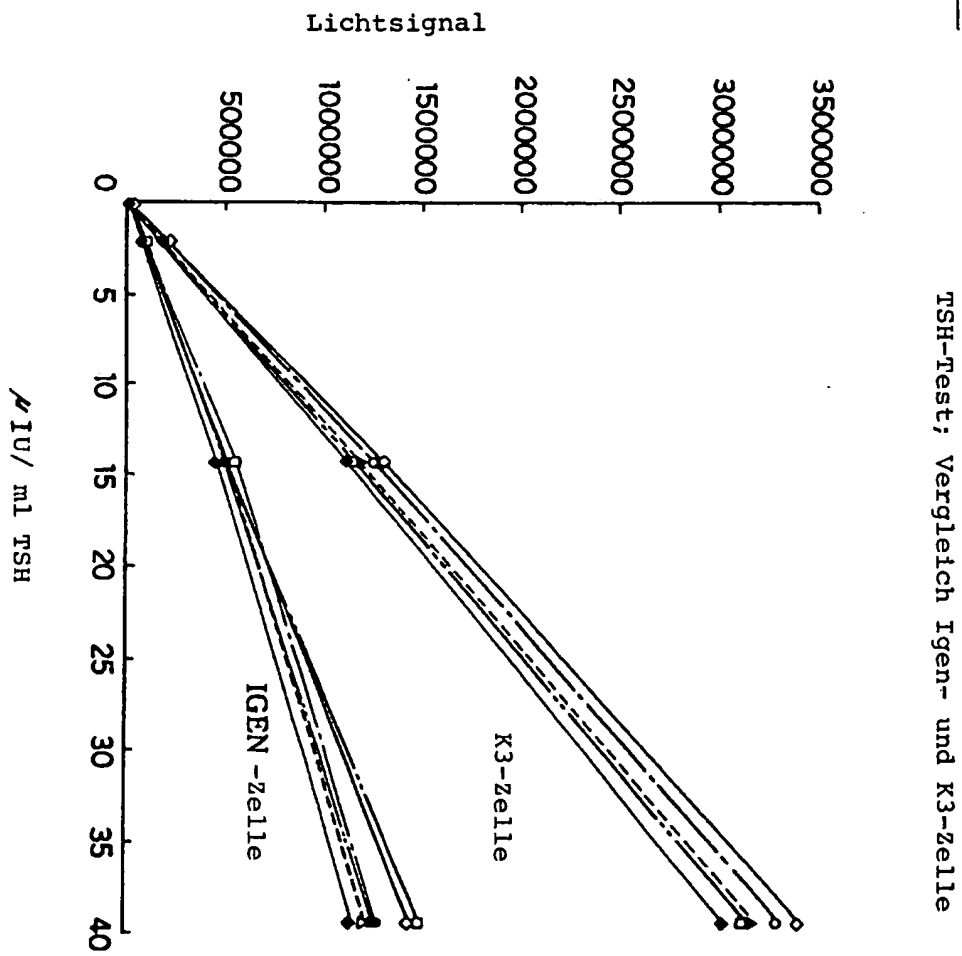


B

Spannungsprofil

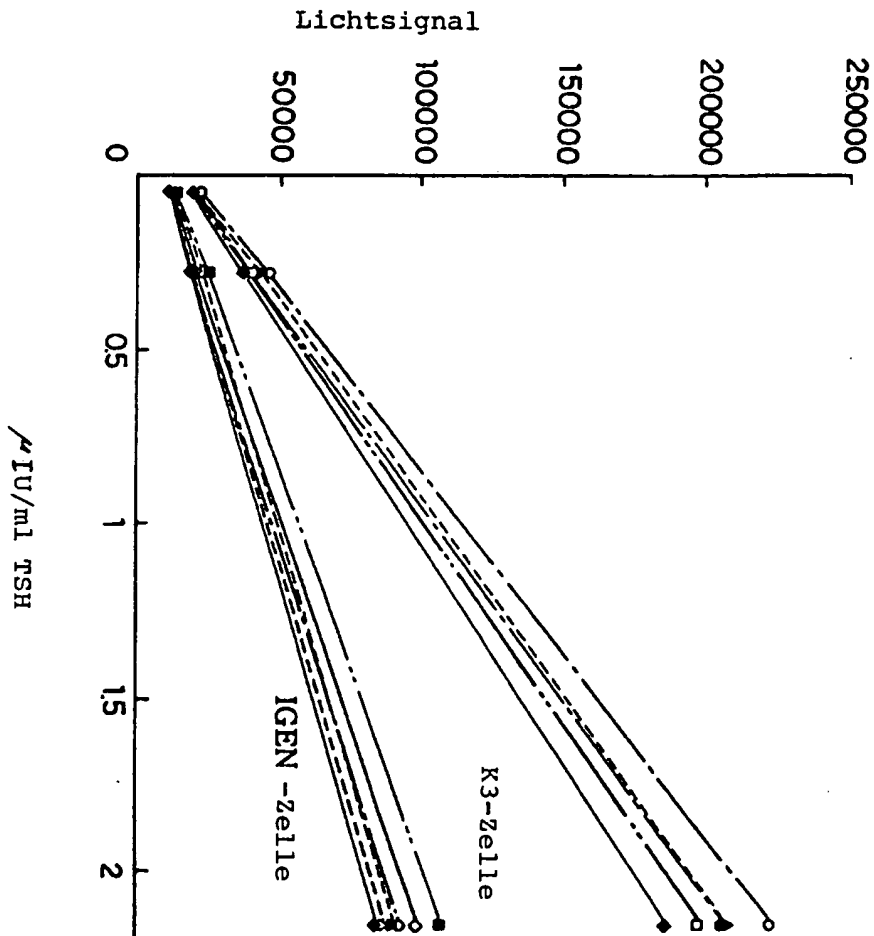


Figur 7



Figur 8

TSH-Test; Vergleich IGEN- und K3-Meßzelle





Europäisches
Patentamt

EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung
EP 94 11 9574

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (Int.Cl.6)
A	EP-A-0 525 212 (TDK) * Seite 5, Zeile 53 - Zeile 56 * * Seite 6, Zeile 16 - Zeile 30 * * Ansprüche 1,7; Abbildung 3 * ---	1-3,5,9	G01N21/76
D,A	WO-A-89 10551 (IGEN) * Seite 19, Zeile 29 - Seite 21, Zeile 29 * * Seite 26, Zeile 3 - Seite 29, Zeile 18 * * Ansprüche 1,5,7,10,11 * * Abbildungen 1,3-5 * -----	1,3,10, 11	
			RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (Int.Cl.6)
			G01N
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort DEN HAAG		Abschlußdatum der Recherche 28. März 1995	Prüfer Krametz, E
KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie A : technologischer Hintergrund O : mündliche Offenbarung P : Zwischenliteratur		T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E : älteres Patentdokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist D : in der Anmeldung angeführtes Dokument L : aus andern Gründen angeführtes Dokument & : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument	